



Chapitre 11

Temps et relativité restreinte

1 Postulats et définitions en relativité restreinte

1.1 Postulat d'Einstein sur la constance de la célérité de la lumière

On l'a vu dans les chapitres précédents : la position et donc la vitesse d'un point appartenant au système matériel étudié dépend du référentiel d'étude.

Cependant diverses considérations théoriques et expérimentales (voir activité 1) ont amené les physiciens, en particulier Albert Einstein, à postuler que la célérité de la lumière, elle, ne dépend pas du référentiel considéré si celui-ci est galiléen.

Postulat d'Einstein :

La célérité de la lumière dans le vide **est la même dans tous les référentiels galiléens**.

1.2 Horloges

La physique de Newton suppose que le temps s'écoule uniformément dans tous les référentiels. Or cela est incompatible avec le postulat de la constance de c (voir activité 2).

Ainsi, selon la relativité restreinte, **le temps aussi dépend du référentiel d'étude**.

Chaque référentiel doit donc être associé à une horloge qui lui est propre.

1.3 La notion d'événement

En relativité, les notions de position et de date ne sont pas indépendantes. On définit la notion d'événement :

Un événement est un phénomène instantané, repéré par **une position et une date**, toutes les deux relatives au référentiel d'étude.

2 La dilatation des durées

2.1 Durée propre entre 2 événements

Référentiel propre :

Si on considère deux événements, on appelle leur référentiel propre le référentiel dans lequel ces deux événements sont **localisés au même endroit**.

Durée propre :

La durée propre entre deux événements est la durée **mesurée par l'horloge du référentiel propre**.

→ **Exemple** de la désintégration d'un muon :

La durée *propre* de la vie d'un muon est celle qui est mesurée dans le référentiel où les événements « naissance du muon » et

« désintégration du muon » sont au même endroit, c'est-à-dire dans le référentiel du muon (voir activité 6).

2.2 Durée impropre et dilatation des durées

Si la durée entre deux événements est mesurée dans un référentiel impropre (dans lequel les deux événements n'ont pas lieu au même endroit), on l'appelle « durée impropre ». La durée impropre entre deux événements **est toujours supérieure à la durée propre**. On parle alors de **dilatation des durées**.

Relation entre durée propre et durée mesurée dans un référentiel impropre galiléen :

Si le référentiel impropre est galiléen et si le référentiel propre est en mouvement à vitesse constante par rapport à lui, alors la durée mesurée dans le référentiel impropre vaut :

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_p}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- ▷ Δt_p : durée propre entre les deux événements considérés
- ▷ Δt_m : durée impropre mesurée dans un référentiel galiléen
- ▷ v : valeur de la vitesse du référentiel propre par rapport au référentiel impropre galiléen

→ **Exemple** des muons cosmiques (suite) :

La durée de vie du muon mesurée dans le référentiel terrestre est une durée impropre, donc plus élevée que la durée propre.

Remarques sur le « facteur de Lorentz » :

- On définit parfois le *facteur de Lorentz* :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Le facteur de Lorentz γ permet d'évaluer l'écart relatif entre les prévisions classique et relativiste de la durée entre deux événements.

- On remarque que le facteur de Lorentz γ est très proche de 1 si la vitesse v est très inférieure à c , c'est-à-dire dans la plupart des situations classiques. Dans ces cas la physique de Newton reste valide, la correction apportée par la relativité restreinte est négligeable.

- Par contre, plus la vitesse v s'approche de c , plus le facteur de Lorentz augmente : dans ces cas la relativité devient le seul cadre théorique valide.